Iranian Food Science and Technology Research Journal
Vol. 15, No. 1, Apr. May. 2019, p.145- 157

نشریه پژوهشهای علوم و صنایع غذایی ایران
جلد 15، شماره1، فروردین-اردیبهشت 1398 ص.157-145

تاثیر بسته‌بندی در پوشش‌های مختلف پلیمری روی برخی شاخص‌های کیفی و کمی پسته خشک رقم احمدآقایی طی دوره انبارمانی

مریم هاشمی[1]- عبدالمجید میرزاعلیان دستجردی[2]*- احمد شاکر اردکانی[3]- سید حسین میردهقان[4]

تاریخ دریافت: 1397/02/23
تاریخ پذیرش: 1397/07/07

چکیده

پسته از محصولات مهم خشکباری و بومی ایران است که به‌خاطر کیفیت عالی از اهمیت اقتصادی و صادراتی ویژه‌ای برخوردار است. در این مطالعه، تاثیر فیلم‌های بسته‌بندی انعطاف‌پذیر روی برخی پارامترهای کیفی پسته خشک طی انبارمانی در دمای 3±20 درجه سانتی‌گراد و رطوبت 65-60 درصد به مدت 12 ماه مورد بررسی قرار گرفت. نمونه‌های 200 گرمی پسته در شش نوع فیلم شامل پلاستیک تک لایه با جنس پلی‌اتیلن (PE)، پلاستیک دو لایه با ترکیب پلی‌آمید متالایز شده و پلی‌اتیلن اکسترودر (PA-ONM/PE ex)، پلاستیک سه لایه با ترکیب پلی‌استر، پلی‌اورتان و پلی‌اتیلن (PEs/PU/PE)، پلاستیک سه لایه با ترکیب پلی‌پروپیلن‌کست، پلی‌اورتان و پلی‌استر (CPP/PU/PEs)، پلاستیک پنج لایه با ترکیب پلی‌آمید، اتیلن‌وینیل‌الکل، دو لایه پلیمر چسبی اکستروژن و پلی‌اتیلن (PA/EVOH/Tie/Tie/PE)، پلاستیک هفت لایه با ترکیب پلی‌اتیلن، دو لایه اتیلن‌وینیل‌الکل، دو لایه پلیمر چسبی اکستروژن، پلی‌آمید و پلی‌اتیلن‌اکسترودر (PE/EVOH/EVOH/Tie/Tie/PA/PE ex) بسته‌بندی شدند و تیمار بدون پوشش به‌عنوان شاهد بود. آزمایش به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملا تصادفی با سه تکرار انجام و تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SAS 9.1.3 و مقایسه میانگین‌ها از طریق آزمون چنددامنه‌ای دانکن انجام گرفت. نتایج نشان داد که کاربرد پوشش پلیمری دو و هفت لایه در مقایسه با شاهد افت وزن، میزان اسید چرب آزاد و پراکسید کمتری طی دوره انبارمانی نشان دادند. همچنین نمونه‌های بسته‌بندی شده در این دو پوشش به‌ترتیب با مقدار 8/952 و 8/953 درصد دارای بالاترین میزان کربوهیدرات و نیز بالاترین نمره‌دهی برای پارامترهای ارزیابی حسی در پایان دوره انباری بودند. پس از یک سال نگهداری، میزان سفتی مغز نمونه‌های موجود در پوشش‌های دو و هفت لایه (با میانگین 2/792 و 2/659 کیلوگرم نیرو) نیز تفاوت معنی‌داری را در مقایسه با شاهد (3/211 کیلوگرم نیرو) نشان دادند. در مجموع استفاده از پوشش‌های پلیمری دو و هفت لایه تاثیر معنی‌داری در حفظ کیفیت ظاهری و غذایی پسته، نسبت به شاهد و سایر پوشش‌های پلیمری طی دور انباری 12 ماهه داشتند.

واژه‌های کلیدی: بسته‌بندی، پسته احمد آقایی، پوشش پلیمری، دوره انبارمانی، کیفیت.

مقدمه

پسته یک خشکبار با ارزش غذایی بالا و مغز آن غنی از اسیدهای چرب غیراشباع است، بنابراین اسیدهای چرب غیراشباع آن می‌توانند متحمل اکسیداسیون شوند و در نتیجه طعم و مزه محصول تغییر یابد (Kucukoner *et al*, 2003). از جنبه‌های مهم در رابطه با خشکبارها، پایداری آن‌ها در برابر تغییرات فیزیکی، شیمیایی و همچنین میکروبیولوژیکی در طول انبارمانی می‌باشد (Worang *et al*, 2008). تأثیر عوامل مختلف مثل رطوبت نسبی، دی‌اکسیدکربن، خلاء، فیلم‌های پلاستیکی و غیره روی انبارمانی پسته گزارش شده است (Javanshah *et al*, 2007; Maskan *et al*, 1999; Raei *et al*, 2010). در تحقیقی مشاهده شد سرعت اکسیداسیون و هیدرولیز چربی‌های پسته طی دوره انباری در شرایط محیطی بالاتر بود و نگهداری در رطوبت نسبی کم و تحت دی‌اکسیدکربن در کاهش سرعت اکسیداسیون و هیدرولیز چربی و حفظ کیفیت پسته خشک موثر بود (Maskan *et al*, 1999).

1 و 2- به‌ترتیب دانشجوی دکتری و استادیار، گروه علوم باغبانی، دانشگاه هرمزگان، بندرعباس.
3- استادیار، پژوهشکده پسته، موسسه تحقیقات علوم باغبانی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، رفسنجان، ایران
4- استاد، گروه علوم باغبانی، دانشگاه ولیعصر (عج) رفسنجان
(* - نویسنده مسئول: Email: majiddastjerdy@gmail.com)
DOI: 10.22067/ifstrj.v0i0.72670

دلایل متعددی برای بسته‌بندی بسته به ویژگی‌های محصول که شامل حفاظت فیزیکی محصول، جلوگیری از فساد محصول، جذب مشتری، جلوگیری از آلودگی به آفلاتوکسین و اطمینان از یک محصول با کیفیت بالا و سالم برای مصرف کننده وجود دارد (Sudha *et al*, 2013). بسته‌بندی‌های پلاستیکی بیشترین استفاده را از اواسط قرن بیستم به بعد داشته است که دلایل آن قیمت پایین، سهولت در استفاده، ویژگی‌های فرآوری مناسب، زیبایی و همچنین خواص فیزیکی-شیمیایی منحصر به فرد آنها می‌باشد (Rhim *et al*., 2013). بسته‌بندی با فیلم‌های پلاستیکی دارای نفوذپذیری کم، در محصول خشک که حاوی رطوبت کمتر از هفت درصد باشد می‌تواند روش مناسبی برای حفظ کیفیت محصول باشد. استفاده از مواد با نفوذپذیری کم در تولید و طراحی فیلم‌های انعطاف‌پذیر، می‌تواند مواد غذایی را در برابر آب و اکسیژن طی انبارمانی محافظت کنند (Piringer, 2000). نفوذپذیری به رطوبت در ظروف بسته‌بندی باید به‌گونه‌ای باشد که محصول برای مدت چند ماه قابلیت نگهداری داشته باشد (Belitz *et al*., 2004). بسته‌بندی پسته با فیلم‌های پلاستیکی هشت لایه در شرایط خلاء اثرات مؤثری در مقاومت در برابر اکسیژن و رطوبت داشت و همچنین مانع رشد قارچ تولید کننده آفلاتوکسین در شرایط رطوبت بالای انبار طی شش ماه نگهداری شده بود (Javanshah *et al*., 2007). از سوی دیگر بسته‌بندی پسته با فیلم‌های پنج لایه متالیزه شده تحت شرایط خلاء در حفظ کیفیت پسته طی دوره انباری موثر بود (Raei *et al*., 2010). اثر انواع مختلف جنس‌های پلاستیک شامل پلی‌وینیل کلراید، پلی‌اتیلن‌ترفتالات، ترکیب پلی‌آمید- پلی‌اتیلن با چگالی کم و ترکیب پلی پروپیلن- پلی‌آمید روی پسته خشک طی نگهداری در دمای محیط و رطوبت نسبی 85 تا 95 درصد نشان داد که همه جنس‌های بسته‌بندی جذب رطوبت و تولید آفلاتوکسین را به تأخیر انداخته است (Shakerardekani *et al*., 2013).

با توجه به ارزش غذایی بالای پسته و اهمیت آن از نظر صادرات، تحقیق در جهت بهبود انبارمانی و داشتن یک محصول سالم و با کیفیت لازم می‌باشد. بنابراین در این پژوهش نقش پوشش‌های پلاستیکی با جنس‌ها و تعداد لایه‌های مختلف روی ماندگاری و حفظ ارزش تغذیه‌ای پسته خشک بررسی شد.

مواد و روش‌ها

پسته خشک رقم احمدآقایی از درختان پسته موجود در ایستگاه شماره دو پژوهشکده پسته کشور واقع در رفسنجان تهیه شد. همچنین مواد مورد استفاده شامل ان-هگزان، استیک اسید، کلروفرم، اتانول، یدور پتاسیم، تیوسولفات سدیم، چسب نشاسته، فنل فتالئین، هیدروکسید سدیم (مرک آلمان) بودند.

آماده کردن نمونه‌ها

بعد از درجه‌بندی و جدا کردن پسته‌های سالم و عاری از ناهنجاری‌های فیزیولوژیک، مقدار 200 گرم پسته در بسته‌بندی‌های پلاستیکی با جنس‌های مختلف ریخته و سپس با دوخت حرارتی، درب آن دوخته شد. در نهایت بسته‌ها در دمای 3±20 درجه سانتی‌گراد و رطوبت نسبی 65-60 درصد قرار داده شدند. پوشش‌های پلیمری استفاده شده شامل بدون پوشش (شاهد)، پلاستیک تک لایه با جنس پلی‌اتیلن[1] (PE)، پلاستیک دو لایه با ترکیب پلی‌آمید متالایز شده و پلی‌اتیلن اکسترودر[2] (PA-ONM/ PE ex)، پلاستیک سه لایه با ترکیب پلی‌استر، پلی‌اورتان و پلی‌اتیلن[3] (PEs/ PU/ PE)، پلاستیک سه لایه با ترکیب پلی‌پروپیلن‌کست، پلی‌اورتان و پلی‌استر[4] (CPP/ PU/ PEs)، پلاستیک پنج لایه با ترکیب پلی‌آمید، اتیلن‌وینیل‌الکل، دو لایه پلیمر چسبی اکستروژن و پلی‌اتیلن[5] (PA/ EVOH/ Tie/ Tie/ PE)، پلاستیک هفت لایه با ترکیب پلی‌اتیلن، دو لایه اتیلن‌وینیل‌الکل، دو لایه پلیمر چسبی اکستروژن، پلی‌آمید و پلی اتیلن اکسترودر[6] (PE/ EVOH/ EVOH/ Tie/ Tie/ PA/ PE ex) بودند. اندازه‌گیری صفات مورد نظر قبل از اعمال تیمارها و در ماه‌های 2، 4، 6، 8، 10 و 12 دوره انباری بود. آزمایش در قالب طرح کاملاً تصادفی و با آرایش فاکتوریل با سه تکرار اجرا شد. تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SAS 9.1.3 و مقایسه میانگین‌ها از طریق آزمون چنددامنه‌ای دانکن در سطح احتمال یک درصد انجام گرفت و رسم نمودارها نیز به وسیله نرم‌افزار اکسل صورت پذیرفت.

---

1 Polyethylene
2 Metallized Polyamide and Extruded Polyethylene
3 Polyester, Polyurethane and Polyethylene
4 Cast Polypropylene, Polyurethane and Polyester
5 Polyamide, Ethylene Vinyl Alcohol, Polymer extrusion, extrusion Polymer, Polyethylene
6 Polyethylene, Ethylene Vinyl Alcohol, Ethylene Vinyl Alcohol, Extrusion Polymer, Extrusion Polymer, Polyamide and Extruded Polyethylene

اندازه‌گیری صفات کمی و کیفی پسته

کاهش وزن

جهت اندازه‌گیری کاهش وزن، پسته‌های بسته‌بندی شده را در ابتدا و انتهای مدت زمان مشخص توزین و با استفاده از رابطه زیر درصد کاهش وزن آن‌ها اندازه‌گیری شد.

(1) 100× (وزن اولیه)/ (وزن ثانویه- وزن اولیه) = درصد کاهش وزن

سفتی مغز

برای اندازه‌گیری سفتی مغز پسته (بر حسب کیلوگرم نیرو) پـروب را به دستگاه پنترومتر (FG-5020، تایوان) متصل کرده و مغز پسته را به‌صورت افقی قرار داده و سپس به اندازه‌ای توسط اهرم دستگاه فشار وارد شد که برش عرضی از وسط مغز ایجاد شود ایـن آزمـایش در 10 تکرار انجام شده و میانگین عدد به‌دست آمده به‌عنوان سفتی مغز ثبت گردید (Shakerardekani *et al.*, 2011).

اندازه‌گیری شاخص پراکسید

برای اندازه‌گیری شاخص پراکسید پنج گرم از چربی (جهت استخراج چربی پسته، از حلال ان-هگزان برای استخراج روغن از مغز و از دستگاه روتاری برای جدا کردن روغن و حلال از یکدیگر استفاده شد.) مغز پسته در ارلن مایر 250 میلی‌لیتری وزن گردید. سپس 30 میلی‌لیتر حلال پراکسید (مخلوط اسید استیک و کلروفرم به نسبت سه به دو) اضافه و مخلوط به‌خوبی همزده شد. بعد از پنج دقیقه نیم میلی‌لیتر محلول یدور پتاسیم اشباع به آن اضافه کردیم. مخلوط به مدت یک دقیقه در جای تاریک قرار گرفت و هر از گاهی به‌هم زده شد. در مرحله بعد 30 میلی‌لیتر آب مقطر به محلول اضافه و با تیوسولفات سدیم 0/1 نرمال تا از بین رفتن رنگ زرد، محلول تیتر گردید سپس نیم میلی‌لیتر چسب نشاسته یک درصد به مخلوط اضافه و تیتراسیون تا از بین رفتن رنگ بنفش با تیوسولفات سدیم 0/1 نرمال انجام شد. در طول تیتراسیون مخلوط به‌طور مداوم و با شدت تکان داده شد و عدد پراکسید بر حسب میلی‌اکی‌والان در کیلوگرم توسط فرمول زیر محاسبه شد (Wrolstad *et al.*, 2001).

(2) (وزن نمونه)/1000×نرمالیته تیوسولفات سدیم× (مقدار مصرفی تیوسولفات برای بلانک- مقدار مصرفی تیوسولفات سدیم برای نمونه)= عدد پراکسید

اندازه‌گیری اسید چرب آزاد

برای اندازه‌گیری اسید چرب آزاد 3/5 گرم از چربی (جهت استخراج چربی پسته، از حلال ان-هگزان برای استخراج روغن از مغز و از دستگاه روتاری برای جدا کردن روغن و حلال از یکدیگر استفاده شد.) نمونه مورد نظر را (بر حسب درصد وزنی اسیداولئیک موجود در آن) در 100 سی‌سی الکل اتیلیک 95 درصد خنثی (60 تا 65 درجه گرم شده) حل شد و سپس یک میلی‌لیتر شناساگر فنل‌فتالئین یک درصد به آن اضافه و مخلوط به‌خوبی همزده شد و با محلول هیدروکسید سدیم (NaOH) یک نرمال تا ظهور رنگ صورتی پایدار تیتر گردید و در نهایت از روی وزن نمونه و نتایج حاصل از تیتراسیون توسط فرمول زیر اسید چرب آزاد بر حسب میلی‌گرم اسید اولئیک در 100 گرم روغن محاسبه گردید (Wrolstad *et al.*, 2001).

(3) 100× (28/2 × نرمالیته هیدروکسید سدیم× مقدار مصرفی هیدروکسید سدیم/ وزن نمونه)= اسید چرب آزاد

اندازه‌گیری قندهای محلول با استفاده از معرف آنترون

مقدار 0/5 گرم خاکستر پسته (مغزی که روغـن آن گرفتـه شـده است) در 5 میلی‌لیتر اتانول 95 درصد سـاییده شـد و قسـمت بـالایی محلول جدا گردید. عمل استخراج دو بار دیگر و هر بار با 5 میلی‌لیتـر اتانول 70 درصـد تکـرار شـد. سپس محلـول در سـانتریفیوژ بـا دور 1372×g بـه مـدت 20 دقیقـه قـرار داده شـد. 0/1 میلـی‌لیتـر (100 میکرولیتر) عصاره الکلی سانتریفوژ شده در یک لوله آزمایش ریختـه و 3 میلی‌لیتـر معـرف آنتـرون تـازه تهیـه (0/15گـرم آنتـرون در 100 میلی‌لیتر اسید سولفوریک72 درصد حل گردید) به آن اضـافه گردیـد. این محلول پس از مخلوط شدن به مـدت ده دقیقـه در بـن‌مـاری بـا دمای 90 درجه سانتی‌گراد قرار داده شد تا واکنش رنگی انجـام شـود. سپس بعد از سرد شدن، جذب نمونـه‌هـا در طـول مـوج 625 نـانومتر خوانده و سپس برای محاسبه مقدار قنـدهای محلـول از فرمـول زیـر استفاده شد (Masoudi-Sadaghiani *et al.*, 2013).

(4) 100× (0/5 وزن نمونـــه/ 15 حجـــم عصـــاره) × (OD625/1000)= کربوهیدرات نهایی (درصد)

OD= طول موج قرائت دستگاه اسپکتروفتومتر در طول موج 625

ارزیابی حسی

به‌منظور ارزیابی حسی به پارامترهای تغییرات رنگ پوسته استخوانی، میزان سبز بودن مغز، سفتی یا سختی مغز، شیرینی مغز، تلخی مغز، تندی چربی، عطر و بوی نامطلوب و ظاهر کلی در طی نگهداری پسته از روش نمره دادن صفر تا 15 و آزمون طعم و مزه استفاده شد. همچنین نظرخواهی از هشت پانلیست زن آموزش دیده صورت گرفت (Meilgaard *et al*., 1999).

نتایج و بحث

کاهش وزن

نتایج حاصل از مقایسه میانگین‌های مربوط به کاهش وزن در جدول 1 حاکی از آن است که در تیمار شاهد طی شش ماه اول و در پوشش تک لایه پلی‌اتیلن طی چهار ماه اول انبارمانی جذب رطوبت صورت گرفته و وزن افزایش یافته است.

جدول 1- اثرات جنس‌های مختلف بسته پلیمری و دوره انبارمانی روی کاهش وزن (درصد) پسته‌های خشک نگهداری شده در دمای 3±20 درجه سانتی‌گراد

فیلم‌های بسته‌بندی	زمان انبارمانی (ماه)					
	2	4	6	8	10	12
†بسته‌بندی (شاهد)	+0/65 ±0/08 s	+0/47±0/07rs	+0/35±0/04rq	-1/23±0/1a	-0/56±0/56b-e	-0/68±0/09bc
تک‌لایه	+0/18 ±0/05 pq	+0/03±0/03op	-0/17±0/07i-o	-0/47±0/05d-g	-0/66±0/04b-d	-0/73±0/1b
دولایه	-0/01 ±0/04 n-p	-0/01±0/18n-p	-0/04±0/06m-o	-0/15±0/07j-o	-0/27±0/01g-l	-0/35±0/01e-k
سه‌لایه (a)	-0/01 ±0/01n-p	-0/02±0/07m-p	-0/03±0/03m-o	-0/17±0/09i-o	-0/3±0/01f-k	-0/41±0/07e-h
سه‌لایه (b)	-0/14 ±0/03 k-o	-0/04±0/01m-o	-0/06±0/11l-o	-0/24±0/05h-m	-0/29±0/02f-k	-0/37±0/09e-i
پنج‌لایه	-0/01 ±0/01n-p	-0/04±0/01m-o	-0/07±0/02l-o	-0/24±0/03h-m	-0/39±0/05e-i	-0/49±0/03c-f
هفت‌لایه	0 ±0/01op	0±0/02op	-0/01±0/06n-p	-0/17±0/007i-o	-0/26±0/03h-n	-0/37±0/03e-j

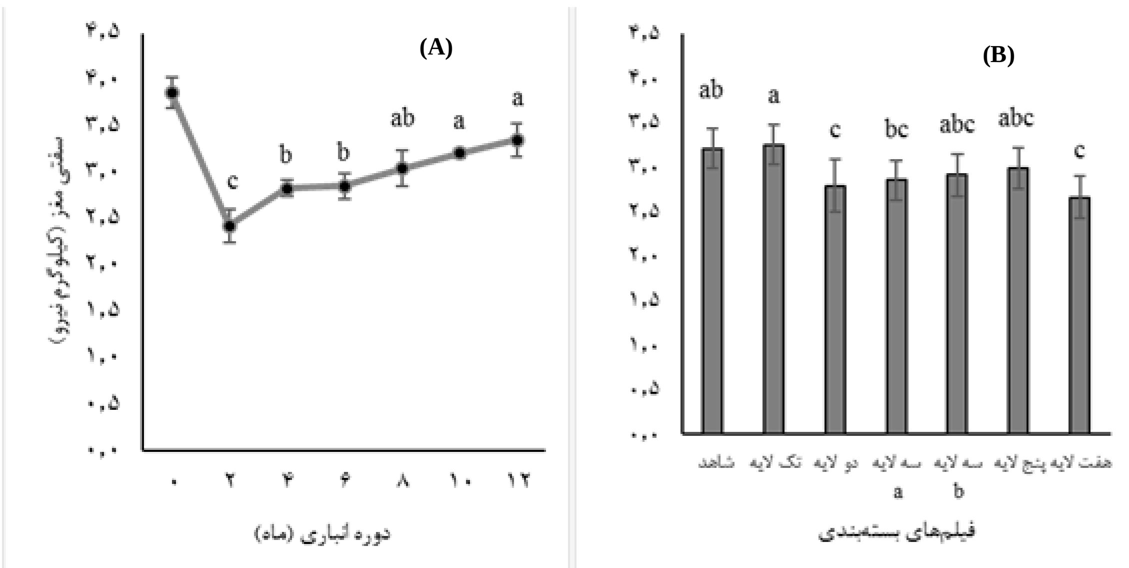
میانگین‌هایی که در هر ستون دارای حروف مشترک می‌باشند در سطح احتمال یک درصد اختلاف معنی‌داری ندارند.

†شاهد: بدون پوشش/ تک‌لایه: جنس پلی‌اتیلن/ دولایه: پلی‌آمید متالایز شده و پلی‌اتیلن اکسترودر/ سه‌لایه (a): پلی‌استر، پلی‌اورتان و پلی‌اتیلن/ سه‌لایه (b): پلی‌پروپیلن‌کست، پلی‌اورتان و پلی‌استر/ پنج‌لایه: پلی‌آمید، اتیلن‌وینیل‌الکل، دو لایه پلیمر چسبی اکستروژن و پلی‌اتیلن/ هفت‌لایه: پلی‌اتیلن، دو لایه اتیلن‌وینیل‌الکل، دو لایه پلیمر چسبی اکستروژن، پلی‌آمید و پلی‌اتیلن‌اکسترودر

در ماه هشتم دوره انباری تیمار بدون پوشش (شاهد) (1/32 درصد) و تک لایه پلی‌اتیلن (0/47 درصد) بالاترین و پوشش دولایه (0/15 درصد) و هفت لایه (0/17 درصد) کمترین کاهش وزن را نشان دادند. در ماه دهم و دوازدهم انباری طبق نتایج مقایسه میانگین در جدول 1 پوشش‌های دولایه، سه لایه PEs/ Pu/ PE و سه لایه CPP/ Pu/ PEs و هفت لایه به طور معنی‌داری کاهش وزن کمتری در مقایسه با شاهد و سایر تیمارها نشان دادند. همچنین در پایان آزمایش (ماه دوازدهم) پسته‌های بسته‌بندی شده با پوشش هفت لایه و دولایه به ترتیب با مقدار0/37 و 0/35 درصد کمترین کاهش وزن را در مقایسه با بقیه جنس‌های پوشش‌های پلیمری نشان دادند. تفاوت کاهش وزن نمونه‌ها در پوشش‌های پلیمری مختلف در این مطالعه احتمالا به دلیل تفاوت در جنس پوشش‌ها می‌باشد. عملکرد اصلی بسته‌بندی، کاهش سرعت تنفس و آب از دست دهی محصول به‌وسیله کاهش تعرق و تغییر جو داخل بسته است که متابولیسم میوه را تحت تاثیر قرار می‌دهد (Ben-Yehoshua, 1985). پوشش‌های پلاستیکی با ایجاد یک میکرو اتمسفر اشباع شده در اطراف میوه نقش مهمی در جلوگیری از کاهش وزن بازی می‌کنند (Gonzalez *et al*., 1999). کاربرد بسته‌های پلیمری پلی‌اتیلن در جلوگیری از کاهش وزن گلابی (Kaur *et al*., 2013)، همچنین پوشش‌های پلیمری در جلوگیری از کاهش وزن میوه هلو (Mahajan *et al*., 2015)، پاپایا (Singh *et al*., 2005)، خیار (Homin *et al*., 1999) و فلفل (Mahajan *et al*., 2012) مؤثر بودند. این کاهش افت رطوبت به محدود شدن تنفس میوه‌های درون بسته‌بندی در اثر پوشش پلیمری نسبت داده شد (Mahajan *et al*., 2015).

سفتی مغز

اثر دوره انباری (ماه) روی میزان سفتی مغز پسته نشان داد سفتی مغز در روز صفر بیشتر بود و در ماه دوم سفتی نمونه‌ها کاهش یافت (شکلA 1). از ماه دوم به بعد میزان سفتی پسته‌ها شروع به افزایش کرد و همانگونه که در شکل یک A مشاهده می‌شود در ماه‌های دهم و دوازدهم انبارمانی سفتی مغزها به‌طور معنی‌داری نسبت به بقیه زمان‌ها افزایش داشت و ممکن است این افزایش سفتی مغز به دلیل از دست دادن وزن نمونه (رطوبت) طی دوره انباری باشد. همچنین اثرات جنس‌های مختلف پوشش‌های پلیمری روی سفتی مغز پسته بیان کرد (شکل B 1) که جنس پوشش دولایه و هفت لایه به ترتیب با مقدار 2/79 و 2/65 کیلوگرم بر نیرو به‌طور معنی‌داری سفتی کمتری در مقایسه با شاهد (21/ 3 کیلوگرم بر نیرو) و جنس تک لایه پلی‌اتیلن (3/25 کیلوگرم بر نیرو) نشان دادند که احتمالا به دلیل از دست دادن رطوبت کمتر نمونه‌ها (کاهش وزن کمتر) در این پوشش‌های بسته‌بندی نسبت به سایر جنس‌ها بود. در گزارشی کاربرد پوشش‌های پلیمری پلی‌اتیلن با چگالی کم و زیاد در حفظ سفتی میوه پاپایا به دلیل تاخیر در رسیدگی میوه و کاهش آب از دست دهی محصول موثر بودند (Azene *et al*., 2014).



شکل 1- اثرات ماه‌های انبارمانی (A) و پوشش‌های پلیمری (B) روی سفتی مغز پسته‌های خشک نگهداری شده در دمای 3±20 درجه سانتی‌گراد.

میانگین‌هایی که در هر ستون دارای حروف مشترک می‌باشند در سطح احتمال یک درصد اختلاف معنی‌داری ندارند.

شاهد: بدون پوشش/ تک‌لایه: جنس پلی‌اتیلن/ دولایه: پلی‌آمید متالایز شده و پلی‌اتیلن اکسترودر/ سه‌لایه (a): پلی‌استر، پلی‌اورتان و پلی‌اتیلن/ سه‌لایه (b): پلی‌پروپیلن‌کست، پلی‌اورتان و پلی‌استر/ پنج‌لایه: پلی‌آمید، اتیلن‌وینیل‌الکل، دو لایه پلیمر چسبی اکستروژن و پلی‌اتیلن/ هفت‌لایه: پلی‌اتیلن، دو لایه اتیلن‌وینیل‌الکل، دو لایه پلیمر چسبی اکستروژن، پلی‌آمید و پلی‌اتیلن‌اکسترودر.

عدد پراکسید و اسید چرب آزاد

طبق جدول 2 با گذشت زمان انبارمانی میزان عدد پراکسید در شاهد و جنس‌های مختلف پوشش‌های بسته‌بندی افزایش یافت ولی این افزایش در بسته‌بندی با جنس دولایه و هفت لایه شیب کندتر از شاهد و جنس‌های دیگر داشت به‌طوریکه در ماه‌های دهم و دوازدهم دوره انباری، نمونه‌های بسته‌بندی شده در پوشش‌های دولایه (1/6 میلی‌اکی والان اکسیژن در کیلوگرم روغن) و هفت لایه (1/93 میلی‌اکی والان اکسیژن در کیلوگرم روغن) در مقایسه با شاهد (10/4

میلی‌اکی والانت اکسیژن در کیلوگرم روغن) و سایر پوشش‌ها به‌طور معنی‌داری عدد پراکسید کمتری داشتند.

جدول2- اثرات برهمکنش جنس های مختلف پوشش پلیمری و دوره انبارمانی روی پراکسید (میلی‌اکی والانت اکسیژن در کیلوگرم روغن) پسته‌های خشک نگهداری شده در دمای 3±20 درجه سانتی‌گراد

فیلم‌های بسته‌بندی	زمان انبارمانی (ماه)						
	0	2	4	6	8	10	12
بدون بسته‌بندی (شاهد)	0/2±0/02	0/93 ±0/05h-j	1/7±0/48f-j	4/8±0/34b-d	6/2 ±0/94b	10/1±0/51a	10/4±0/54a
تک‌لایه	0/2±0/02	0/86±0/05h-j	2±0/09e-j	2/4±0/47e-j	3/26±0/76c-h	5/26±0/28bc	5/4±0/39bc
دولایه	0/2±0/02	0/26±0/02j	1/26±0/21f-j	1/33±0/46f-j	1/2±0/09g-j	1/4±0/18f-j	1/6±0/28f-j
سه‌لایه (a)	0/2±0/02	0/66±0/19ij	0/73±0/21ij	2/8±0/49d-i	3/53±0/89c-f	5/6±0/49bc	5/4±0/28bc
سه‌لایه (b)	0/2±0/02	0/86±0/28h-j	1/2±0/09g-j	2/46±0/68e-j	2/66±0/65d-j	3/26±0/51c-h	4/2±0/98b-e
پنج‌لایه	0/2±0/02	0/86±0/28h-j	1/13±0/21g-j	1/4±0/49f-j	3/66±0/96c-f	4/26±0/35b-e	6/26±0/054b
هفت‌لایه	0/2±0/02	0/6±0ij	0/73±0/1ij	1/2±0/16g-j	1/13±0/28g-j	1/26±0/21f-j	1/93±0/39e-j

میانگین‌هایی که در هر ستون دارای حروف مشترک می‌باشند در سطح احتمال یک درصد اختلاف معنی‌داری ندارند.

†شاهد: بدون پوشش/ تک‌لایه: جنس پلی‌اتیلن/ دولایه: پلی‌آمید متالایز شده و پلی‌اتیلن اکسترودر/ سه‌لایه (a): پلی‌استر، پلی‌اورتان و پلی‌اتیلن/ سه‌لایه (b): پلی‌پروپیلن کست، پلی‌اورتان و پلی‌استر/ پنج‌لایه: پلی‌آمید، اتیلن‌وینیل‌الکل، دو لایه پلیمر چسبی اکستروژن و پلی‌اتیلن/ هفت‌لایه: پلی‌اتیلن، دو لایه اتیلن‌وینیل‌الکل، دو لایه پلیمر چسبی اکستروژن، پلی‌آمید و پلی‌اتیلن‌اکسترودر

با گذشت دوره انباری افزایش اسیدچرب آزاد مشاهده شد با توجه به‌اینکه مقدار این شاخص کیفی بیانگر درجه هیدرولیز و درجه اکسایش چربی است، در بررسی میانگین اسید چرب آزاد، بیشترین مقدار آن در پایان دوره انباری (ماه 12) به‌ترتیب در بسته‌بندی تک لایه با جنس پلی‌اتیلن (54/ 1 میلی‌گرم اولئیک‌اسید در 100 گرم روغن)، تیمار بدون پوشش (شاهد) (1/22 میلی‌گرم اولئیک‌اسید در 100 گرم روغن) و تیمار بسته‌بندی سه لایه با جنس CPP/ PU/ PEs (1/08 میلی‌گرم اولئیک‌اسید در 100 گرم روغن) در مقایسه با بقیه جنس‌های بسته‌بندی مشاهده شد (جدول 3).

مهمترین واکنش تخریبی که در طول دوره انبارمانی منجر به کاهش کیفیت محصول می‌شود، مکانیسم اکسایش رادیکالی و تشکیل هیدروپراکسیدها می‌باشد (Maskan *et al*., 1999) و دلیل اصلی تندی مغز در بسته‌بندی خشکبارها، دوخت نامناسب بسته‌ها و نفوذ اکسیژن به داخل بسته‌بندی می‌باشد (Goode *et al*., 1995). میزان اسیدهای چرب آزاد یکی از فاکتورهای کیفی پسته می‌باشد (Raei *et al*., 2013). افزایش اسید چرب آزاد بیانگر پدیده هیدرولیز در روغن پسته است. آنزیم لیپاز، اسیدهای چرب را از چربی جدا کرده و اسیدهای چرب آزاد تولید می‌کند و این اسیدهای چرب آزاد شده می‌توانند سوبسترای واکنش‌های اکسیداسیون چربی واقع شوند (Koyuncu *et al*., 2005). در پژوهش حاضر اسید چرب آزاد نمونه‌های پسته در همه انواع بسته‌بندی و در تمام طول مدت دوره انباری افزایش یافت که افزایش خطی در شاخص اسید چرب آزاد در طی دوره انباری در این پژوهش نشان‌دهنده تشکیل اسید چرب آزاد است. چنین واکنشی مرتبط با حضور آنزیم‌های هیدرولیز لیپیدها به‌وسیله لیپاز، فسفولیپاز و پراکسیداز در بافت دانه‌ها یا محصولات است (Alencar *et al*., 2010). در پژوهشی دیگر نیز گزارش شد که اسیدچرب آزاد پسته با افزایش دما، زمان انبارمانی و غلظت اکسیژن افزایش می‌یابد (Sedaghat, 2010). در پژوهش حاضر نیز احتمال دارد دو فیلم بسته‌بندی دو و هفت لایه به دلیل نفوذناپذیری کمتر در مقابل اکسیژن و رطوبت در مقایسه با سایر جنس‌های پوشش، اسید چرب آزاد کمتری نشان دادند. استفاده از پوشش‌های پلیمری به‌طور معنی‌داری میزان پراکسید و اسیدهای چرب آزاد را در مغز بادام نسبت به شاهد کاهش داد (Ziaolhagh, 2013).

جدول 3- اثرات برهمکنش جنس‌های مختلف پوشش پلیمری و دوره انبارمانی روی اسید چرب آزاد (میلی‌گرم اسید اولئیک در 100 گرم روغن) پسته‌های خشک نگهداری شده در دمای 3±20 درجه سانتی‌گراد

فیلم‌های بسته‌بندی	زمان انبارمانی (ماه)						
	0	2	4	6	8	10	12
بسته‌بندی (شاهد)	0/09±0/02	0/5±0/08 e-g	0/57±0/07 e-g	0/69±0/04 d-f	0/95±0/1 b-d	1/17±0/12 bc	1/22±0/09 b
تک‌لایه	0/09±0/02	0/39±0/05 f-h	0/44±0/03 f-h	0/83±0/07 c-e	0/7±0/05 d-f	1/1±0/04 bc	1/54±0/1 a
دولایه	0/09±0/02	0/09±0/04 h	0/24±0/01 gh	0/33±0/06 f-h	0/38±0/07 f-h	0/42±0/1 f-h	0/46±0/01 e-h
سه‌لایه (a)	0/09±0/02	0/32±0/01 f-h	0/32±0/07 f-h	0/36±0/03 f-h	0/41±0/09 f-h	0/48±0/01 e-h	0/55±0/07 e-g
سه‌لایه (b)	0/09±0/02	0/18±0/03 gh	0/4±0/01 f-h	0/48±0/11 e-h	0/53±0/05 e-g	0/55±0/02 e-g	1/08±0/09 bc
پنج‌لایه	0/09±0/02	0/32±0/01 f-h	0/4±0/01 f-h	0/5±0/02 e-g	0/56±0/03 e-g	0/57±0/05 e-g	0/68±0/03 d-f
هفت‌لایه	0/09±0/02	0/24±0/01 gh	0/25±0/02 gh	0/36±0/06 f-h	0/5±0/007 e-g	0/52±0/03 e-g	0/51±0/03 e-g

میانگین‌هایی که در هر ستون دارای حروف مشترک می‌باشند در سطح احتمال یک درصد اختلاف معنی‌داری ندارند.

†شاهد: بدون پوشش/ تک‌لایه: جنس پلی‌اتیلن/ دولایه: پلی‌آمید متالایز شده و پلی‌اتیلن اکسترودر/ سه‌لایه (a): پلی‌استر، پلی‌اورتان و پلی‌اتیلن/ سه‌لایه (b): پلی‌پروپیلن‌کست، پلی‌اورتان و پلی‌استر/ پنج‌لایه: پلی‌آمید، اتیلن‌وینیل‌الکل، دو لایه پلیمر چسبی اکستروژن و پلی‌اتیلن/ هفت‌لایه: پلی‌اتیلن، دو لایه اتیلن‌وینیل‌الکل، دو لایه پلیمر چسبی اکستروژن، پلی‌آمید و پلی‌اتیلن‌اکسترودر

جنس بسته‌بندی پلی‌اتیلن با چگالی کم/ اتیلن‌وینیل‌الکل/ پلی‌اتیلن با چگالی بالا[1] (LDPE/ EVOH/ LDPE) به دلیل عدم جذب اکسیژن و نیتروژن باعث کاهش میزان پراکسید در بادام شد (Mexis *et al*., 2010). در گزارشی بعد از دوره انباری 12 ماهه گردو، نمونه‌های بسته‌بندی شده در کیسه‌های چند لایه پلیمری مقدار پراکسید کمتری نشان دادند (Mexis *et al*., 2009) همچنین مغز گردو بسته‌بندی شده در کیسه‌های آلومینیومی و در نور کم میزان پراکسید کمتری نشان دادند و تفاوت بین مواد بسته‌بندی ممکن است ناشی از خواص هدایت حرارتی آن‌ها باشد که واکنش‌های تجزیه داخلی محصولات را در طول دوره انباری تحت تأثیر قرار می‌دهند (Jensen *et al*., 2003). استفاده از پوشش‌های متالایز شده طی دوره انباری pine nut در دمای 20 درجه‌سانتی‌گراد نیز در کاهش میزان پراکسید و اسید چرب آزاد محصول موثر بود (Henriquez *et al*., 2018). همچنین بسته‌بندی مغز بادام در بسته‌های با جنس پلی‌پروپیلن/ پلی‌اتیلن و تحت شرایط نیتروژن برای مدت 5 ماه در کاهش میزان پراکسید نمونه‌ها اثر داشت (Sanchez-Bel *et al*., 2010). استفاده از سلوفان، پاکت‌های 2 و 3 لایه و قوطی‌های فلزی برای بسته‌بندی پسته خشک به‌همراه دماهای مختلف (20 و 40 درجه‌سانتی‌گراد) روی ماندگاری پسته نشان داد که افزایش دما و مدت ذخیره‌سازی موجب کاهش کیفیت پسته می‌شود و همچنین پاکت‌های 2 لایه نقش موثرتری، نسبت به سایر بسته‌بندی‌ها، در جلوگیری از نفوذ اکسیژن و حفظ کیفیت چربی پسته داشت (Raei and Jafari, 2011). طبق نتایج گزارشات احتمال دارد بیشتر بودن عدد پراکسید در پسته‌های بدون بسته‌بندی یا بسته‌بندی‌های دیگر در این پژوهش به حضور اکسیژن در بسته مربوط شود که منجر به تشدید اکسیداسیون چربی و آزاد شدن هیدروپراکسیدها می‌شود.

قندهای محلول

همانگونه در جدول 4 آورده شده در پایان دوره انباری (ماه دوازدهم) اختلاف معنی‌داری بین شاهد و پوشش‌های پلیمری مختلف از نظر میزان قندهای محلول مشاهد نشد ولی پوشش‌های با جنس هفت لایه (8/95) و دو لایه (8/95) نسبت به شاهد (8/83) و سایر تیمارها قند محلول بیشتری در مغز نشان دادند. کاهش قندهای محلول در طی انبارداری ممکن است ناشی از فعالیت تنفسی باشد (Kader *et al*., 1982). از طرف دیگر، در اثر فرایند تنفس مواد ذخیره‌ای درون بافت‌های انبار شده مورد سوخت و ساز قرار می‌گیرد تا

1 Low Density Poly Ethylene/ Ethylene Vinyl Alcohol/ High Density Poly Ethylene

بتواند انرژی مورد نیاز خود را تامین کند. در نتیجه کاهش وزن نمونه ممکن است به دلیل از دست‌دهی آب و کاهش مواد ذخیره‌ای طی فرآیند تنفس باشد (Kader *et al*., 1982).

جدول4- اثرات برهمکنش جنس‌های مختلف پوشش پلیمری و دوره انبارمانی روی قند محلول مغز (درصد) پسته‌های خشک نگهداری شده در دمای 3±20 درجه سانتی‌گراد

فیلم‌های بسته‌بندی	زمان انبارمانی (ماه)						
	0	2	4	6	8	10	12
بدون بسته‌بندی (شاهد)	8/93± 0/002	8/37±0/0007f	8/98±0/009c-e	8/91 ± 0/4de	9/02± 0/003c-e	8/71±0/01d-f	8/83±0/01d-f
تک‌لایه	8/93± 0/002	8/53±0/03ef	8/98±0/009c-e	8/96 ± 0/008c-e	9/01 ± 0/41c-e	8/78±0/35d-f	8/86±0/01de
دولایه	8/93± 0/002	8/95±0/22c-e	9/42±0/15bc	9/05± 0/01cd	9/04 ± 0/005cd	8/87±0/007de	8/95±0/002c-e
سه‌لایه (a)	8/93± 0/002	8/93±0/01c-e	9±0/006c-e	9/046±0 0/006cd	9/04 ± 0/01cd	8/9±0/0007de	8/91±0/008c-e
سه‌لایه (b)	8/93± 0/002	8/65±0/01d-f	9/01±0/02c-e	8/98± 0/019c-e	9/08 ± 0/03cd	8/89±0/01de	8/92±0/004c-e
پنج‌لایه	8/93± 0/002	8/96±0/005c-e	8/97±0/03c-e	9/084± 0/011cd	9/09 ± 0/02cd	8/73±0/09d-f	8/92±0c-e
هفت‌لایه	8/93± 0/002	8/97±0/01c-e	9/04±0/01c-e	9/93±0/032a	9/96 ± 0/01a	9/7±0/04ab	8/95±0/045c-e

میانگین‌هایی که در هر ستون دارای حروف مشترک می‌باشند در سطح احتمال یک درصد اختلاف معنی‌داری ندارند.

†شاهد: بدون پوشش/ تک‌لایه: جنس پلی‌اتیلن/ دولایه: پلی‌آمید متالایز شده و پلی‌اتیلن اکسترودر/ سه‌لایه (a): پلی‌استر، پلی‌اورتان و پلی‌اتیلن/ سه‌لایه (b): پلی‌پروپیلن‌کست، پلی‌اورتان و پلی‌استر/ پنج‌لایه: پلی‌آمید، اتیلن‌وینیل‌الکل، دو لایه پلیمر چسبی اکستروژن و پلی‌اتیلن/ هفت‌لایه: پلی‌اتیلن، دو لایه اتیلن‌وینیل‌الکل، دو لایه پلیمر چسبی اکستروژن، پلی‌آمید و پلی‌اتیلن‌اکسترودر

ارزیابی حسی

ارزیابی پانلیست‌ها از کدر شدن رنگ پوسته استخوانی نشان داد که تمام پوشش‌های پلیمری چندلایه به‌طور معنی‌داری در مقایسه با پوشش تک لایه پلی‌اتیلن (4/32) و شاهد (3/91) کدر شدن رنگ پوسته استخوانی کمتری نشان دادند. طبق جدول 5 اثرات پوشش‌های پلیمری روی سبز بودن مغز نیز نشان داد که نمونه‌های بسته‌بندی شده در پوشش دولایه و هفت لایه با نمره‌های 6/92 و 6/59 سبزی مغز بالاتری در مقایسه با شاهد (4/41) و سایر تیمارها نشان دادند. همچنین در جدول پنج بیان شده است که پوشش‌های دو لایه و هفت لایه با نمره‌های 6/92 و 6/59 با اختلاف معنی‌داری میزان سفتی مغز بیشتری در مقایسه با شاهد (4/41) و پوشش پلیمری تک لایه پلی‌اتیلن (4/34) نشان دادند و هبستگی مثبت معنی‌داری بین سفتی مغز اندازه‌گیری شده از طریق پنترومتر و سفتی مغز نمره داده شده توسط پانلیست‌ها به‌دست آمد (داده‌ها نشان داده نشد). در ادامه نیز پوشش‌های پلیمری دو لایه (12/47) و هفت لایه (12/51) به‌طور معنی‌داری در مقایسه با شاهد (10/71) و پوشش پلیمری تک لایه پلی‌اتیلن (11/22) نمره ظاهر کلی بالاتری نشان دادند (جدول 5).

نفوذ گازها و نور در بسته‌بندی، باعث ایجاد تغییرات ظاهری نامطلوب و تسریع واکنش‌های شیمیایی و همچنین وجود اکسیژن در داخل بسته‌بندی نیز باعث تسریع واکنش اکسیداسیون می‌شود، لذا جنس بسته‌بندی و نیز اتمسفر داخل آن دو عامل تعیین کننده در ماندگاری پسته هستند (Ghanei Zare *et al*., 2012). در گزارشی پارامترهای حسی مغز بادام در پوشش‌های پلیمری طی دوره انباری هشت ماهه در فیلم‌های که مانع بهتری در مقابل اکسیژن بودند، بهتر بود (Severini *et al*., 2003). نمره‌دهی بالاتر طی دوره انباری در پسته‌های بسته‌بندی شده در پوشش‌های پلیمری دو لایه و هفت لایه در پژوهش حاضر نیز ممکن است به دلیل حفاظت بهتر نمونه طی دوره انباری در این دو جنس بسته‌بندی باشد. مغز گردو نگهداری شده در بسته‌بندی پلیمری چند لایه طی دوره انباری یکساله، پارامترهای ارزیابی حسی (تغیرات بو، عطر و طعم) بهتری در مقایسه با نمونه‌های بدون بسته‌بندی و پوشش‌های تک لایه نشان دادند (Mexis *et al*., 2009). کاهش نمره‌دهی بافت، مزه، عطر و طعم در خشکبارها در طول دوره انباری ممکن است ناشی از جذب رطوبت به‌وسیله خشکبارها و اکسیداسیون اسیدهای چرب که بافت، مزه، عطر و طعم را تحت تأثیر قرار می‌دهند باشد (Mexis *et al*., 2009). گزارش

شده کمترین تغییرات بو، مواد معطر، عطر و طعم، پذیرش کلی طی دوره انباری در بادام‌های بسته‌بندی شده با جذب کمتر اکسیژن مشاهده شد (Mexis *et al*., 2010).

نتیجه‌گیری

در این مطالعه اثر جنس‌های مختلف پلیمری روی حفظ کیفیت پسته خشک مورد بررسی قرار گرفت و نتایج نشان دادند استفاده از پوشش دو لایه (PA- ONM/PE ex) که نسبت به نور نفوذناپذیر می‌باشد و همچنین پوشش هفت لایه (PE/ EVOH/ EVOH/ Tie/ Tie/ PA/ PE ex) که احتمالا نفوذناپذیری بیشتری در مقابل اکسیژن در مقایسه با سایر جنس‌های پلیمری داشت در حفظ کیفیت پسته طی دوره انباری یکساله موثرتر بودند و در این پژوهش تا حد قابل توجهی از تغییرات کیفی محصول مانند تولید پراکسید و اسید چرب آزاد طی دوره انباری ممانعت کرد و سبب حفظ کیفیت نمونه شد.

قدردانی

بدین‌وسیله از دانشگاه هرمزگان و پژوهشکده پسته به جهت پشتیبانی مالی و دانشگاه ولیعصر (عج) به‌منظور پشتیبانی در دیگر مراحل آزمایش تشکر و سپاسگزاری می‌شود

جدول5- اثرات جنس‌های مختلف پوشش پلیمری روی پارامترهای حسی پسته‌های خشک نگهداری شده خشک نگهداری شده در دمای 3±20 درجه سانتی‌گراد

فیلم‌های بسته‌بندی	کدر شدن پوسته استخوانی	سبز بودن مغز	سفتی مغز	شیرینی مغز	تلخی مغز	تندی چربی	عطر و بوی نامطلوب	ظاهر کلی
بسته‌بندی (شاهد)	3/91±0/53a	4/41±0/52b	4/41±0/7b	8/24±0/65a	1/32±0/28a	5/2±0/92a	1/56±0/34a	10/71±0/54c
تک‌لایه	4/32±0/47a	4/34±0/6b	4/34±0/67b	8/66±0/61a	0/92±0/16a	4/85±0/9a	1/14±0/14a	11/22±0/4bc
دولایه	2/01±0/2b	6/92±0/64a	6/92±0/7a	9/56±0/4a	0/78±0/11a	3/57±0/5a	1/12±0/2a	12/47±0/27a
سه‌لایه (a)	2/54±0/25b	5/53±0/61ab	5/53±0/58ab	8/99±0/6a	0/91±0/12a	4/32±0/64a	1/26±0/18a	12/2±0/39ab
سه‌لایه (b)	2/61±0/29b	6/03±0/73ab	6/03±0/68ab	8/32±0/59a	1/08±0/18a	5/07±0/96a	1/23±0/19a	11/88±0/37ab
پنج‌لایه	2/7±0/37b	5/37±0/63ab	5/37±0/6ab	8/82±0/6a	1/05±0/18a	4/99±0/9a	1/28±0/14a	12/01±0/31ab
هفت‌لایه	1/97±0/21b	6/59±0/64a	6/59±0/7a	8/87±0/54a	0/87±0/14a	4/83±0/84a	1/07±0/17a	12/51±0/31a

میانگین‌هایی که در هر ستون دارای حروف مشترک می‌باشند در سطح احتمال درصد اختلاف معنی‌داری ندارند.

†شاهد: بدون پوشش/ تک‌لایه: جنس پلی‌اتیلن/ دولایه: پلی‌آمید متالایز شده و پلی‌اتیلن اکسترودر/ سه‌لایه (a): پلی‌استر، پلی‌اورتان و پلی‌اتیلن/ سه‌لایه (b): پلی‌پروپیلن‌کست، پلی‌اورتان و پلی‌استر/ پنج‌لایه: پلی‌آمید، اتیلن‌وینیل‌الکل، دو لایه پلیمر چسبی اکستروژن و پلی‌اتیلن/ هفت‌لایه: پلی‌اتیلن، دو لایه اتیلن‌وینیل‌الکل، دو لایه پلیمر چسبی اکستروژن، پلی‌آمید و پلی‌اتیلن‌اکسترودر

منابع

Alencar, E. R., Faroni, L. R. D., Peternelli, L. A., Silva, M. T. C. & Costa, A. R.., 2010, Influence of soybean storage conditions on crude oil quality. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 14(3), 303-308.

Azene, M., Workneh, T. S. & Woldetsadik, K., 2014, Effect of packaging materials and storage environment on postharvest quality of papaya fruit. *Journal of Food Science and Technology*, 51(6): 1041-1055.

Belitz, H. D., Grosch, W. & Schieberle, P., 2004, *Food Chemistry*. Springer, Berlin, 1114p.

Ben-Yehoshua, S., 1985, Individual seal packaging of fruits and vegetables in plastic film new postharvest technique. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 20, 32–37.

Ghanei Zare, T., Tavakolipour, H. & Elhamirad, A. H., 2012, Effect of various packaging materials and vacuum condition on quality attributes of raw dried pistachio nuts. *Journal of food science and technology*, 4 (11), 65-71.

Gonzalez, A., Cruz, R., Baez, R. & Wang, C. Y., 1999, Storage quality of bell pepers pre-treated with hot water and polyethylene packaging. *Food Quality*, 22, 287-299.

Goode, J. E. & Soutar, A. M., 1995, Rancidity in packaging nuts. *Journal of Plastic Film and Sheeting*, 11, 235–247.

Henriquez, C., Loewe, V., Saavedra, J., Cordova, A. & Lutz, M., 2018, Effect of the type of packaging on the oxidative stability of pine nuts (*Pinus pinea* L.) grown in Chile. *Journal of Food*, 16(1), 255-262.

Homin, K. & Woo, P. K., 1999. Effect of packaging method and handling temperature on postharvest quality during storage of cucumber. *Korean Society of Horticultural Science*, 40(10), 9-12.

Javanshah, A., Abdolahi, M., Shakerardekani, A., Hokmabadi, H., Mohammadi, A. H., Arjmand, M., Alavi, H., Masoomi, H. & Rafiei, A. E., 2007, Technical and economic study and comparison of two types of plastic packaging in two packing condition (*Normal and Vacuum*) and two storing condition (Normal and High Moisture) on Pistachio packaging. Iran Pistachio Research Institute, Rafsanjan.

Jensen, P. N., Sorensen, G. B., Brockhoff, P. & Bertelsen, G., 2003, Investigation of packaging systems for systems for shelled walnuts based on oxygen absorbers. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 51, 4941–4947.

Kader, A. A., Heintz, C. M., Labavitch, J. M. & Rae, H. L., 1982, Studies related to the description and evaluation of pistachio nut quality. *Journalof the American Socityfor Horticultural Scince*, 107, 812-816.

Kaur, K., Dhillon, W. S. & Mahajan, B. V. C., 2013, Effect of different packaging materials and storage intervals on physical and biochemical characteristics of pear. *Journal of Food Science and Technology*, 50(1), 147–152.

Koyuncu, M. A., Islam, A. & Kucuk, M., 2005, Fat and fatty acid composition of hazelnut kernel in vaccum packages during storage. *Grassyy Aceites*, 59, 263-266.

Kucukoner, E. & Yurt, B., 2003, Some chemical characteristics of Pistacia vera varieties produced in Turkey. European *Food Research and Technology*, 217 (4), 308-310.

Mahajan, B. V. C., Dhillon, W. C., Kumar, M. & Singh, B., 2015, Effect of different packaging films on shelf life and quality of peach under super and ordinary market conditions. *Journal of Food Science and Technology*, 52(6), 3756–3762.

Mahajan, B. V. C., Dhillon, W. S., Kumar, J. & Gill, K. S., 2012, Evaluation of different packaging films on shelf life and quality of Bell Pepper (*Capsicum annuum* L.). *Food Global Science Books*, 6(1), 90-92.

Maskan, M. & Karatas, S., 1999, Storage Stability of Whole Split Pistachio Nuts (*Pistacia vera* L.) at Various Conditions. *Food Chemistry*, 66, 227-233.

Masoudi-Sadaghiani, F., Abdollahi Mandoulakani, B., Zardoshti, M. R., Rasouli-Sadaghiani, M. H. & Tavakoli, A., 2011, Responese of proline, soluble sugars, photosynthetic pigments and antioxidant enzymes in potato (*Solanum tuberosum* L.) to different irrigation regimes in greenhouse condition. *Australian Journal of Crop Science*, 5(1), 55-60.

Meilgaard, M. C., Thomas Carr, B. & Civille, G. V., 1999, Sensorybevaluation techniques. CRC Press, 416p.

Mexis, S. F. & Kontominas, M. G., 2010, Effect of oxygen absorber, nitrogen flushing, packaging material oxygen transmission rate and storage conditions on quality retention of raw whole unpeeled almond kernels (Prunus dulcis). LWT Food Science and Technology, 43, 1-11.

Mexis, S. F., Badeka, A. V., Riganakos, K. A., Karakostas, K. X. & Kontominas, M. G., 2009, Effect of packaging and storage conditions on quality of shelled walnuts. *Food Control*, 20, 743-751.

Piringer, O. G., 2000, *Plastic packaging materials for food*. Wiley-VCH, 631p.

Raei, M. & Jafari, S. M., 2013, Influence of modified atmospheric conditions and different packaging materials on pistachio (*pistacia vera* L.) oil quality. *Latin American Applied Research*, 43, 43-46.

Raei, M. & Jafari, M. S., 2011, Influence of different packaging materials and storage conditions on the quality attributes of pistachio (*Pistacha vera* L.) cv. Ohadi. *Annals Food Science and Technology*, 12(2), 179-185.

Raei, M., Mortazavi, A. & Pourazarang, H., 2010, Effects of packaging materials, modified atmospheric conditions, and storage temperature on physicochemical properties of roasted pistachio Nut. *Food Analytical Methods*, 3(2), 129–132.

Rhim, J. W., Park, H. M. & Ha, C. S., 2013, Bio-nanocomposites for food packaging applications, *Progress in Polymer Science*, 38, 1629-1652.

Sanches-Bel, P., Egea, I., Pretel, M. T., Flores, F. B., Romojaro, F. & Martinez-Madrid, M. C., 2010, Roasting and packaging in nitrogen atmosphere protect almond var. Guara against lipid oxidation, *Food Science and Technology International*, 17(6), 529-540.

Sedaghat, N., 2010, Application of arrhenius kinetics to evaluate stability of pistachio nuts at various conditions. Middle *East Journal of Scientific Research*, 6(3), 224-229.

Severini, C., De Pilli, T., Baiano, A. & Gomes, T., 2003, Autoxidation of packed roasted almonds as affected by two packaging films. *Journal of Food Processing and Preservation*, 27, 321- 335.

Shakerardekani, A. & Karim, R., 2013, Effect of different types of plastic packaging films on the moisture and aflatoxin contents of pistachio nuts during storage. *Journal of Food Science and Technology*, 50(2), 409-411.

Shakerardekani, A., Karim, R., Mohd Ghazali, H. & Chin, N. L., 2011, Effect of roasting conditions on hardness, moisture content and colour of pistachio kernels. *International Food Research Journal*, 18, 704-710.

Singh, S. P. & Rao, D. V. S., 2005, Quality assurance of papaya by shrink film wrapping during storage and ripening. *Journal of Food Science and Technology*, 42, 523–525.

Sudha, S., Naik, M. K. & Ajithkumar, K., 2013, An integrated approach for the reduction of aflatoxin contamination in chilli (*Capsicum annuum* L.). *Journal of Food Science and Technology*, 50(1), 159-164.

Worang, R. L., Dharmaputra, O. S., Syarife, R. & Tahudin, M., 2008, the quality of physic nut (*Jatropha curcas* L.) seeds packed in plastic material during storage. *The Southeast Asian Journal of Tropical Biology*, 15(1), 25-36.

Wrolstad, R. E., Acree, T. E., Decker, E. A., Penner, M. H., Reid, D. A., Schwartz, S. J. & Sporns, P., 2001, *Current Protocols in Food Analytical Chemistry*, New York, Wiley, 1203p.

Ziaolhagh, H., 2013, Effect of packaging on shelf life of almond kernels. *International Journal of Agriculture and Crop Sciences*, 5(1), 15-20.

Iranian Food Science and Technology Research Journal
Vol. 15, No. 1, Apr. May. 2019, p.145- 157

نشریه پژوهشهای علوم و صنایع غذایی ایران
جلد 15، شماره1، فروردین-اردیبهشت 1398 ص. 157-145

The effect of packaging in various polymer coatings on some quality and quantity indices of Ahmad Ahaghi dried pistachio cultivar during storage period

M. Hashemi[1], A. Mirzaalian Dastjerdi[2*], A. Shakerardekani[3], S. H. Mirdehghan[4]

Received: 2018.05.13
Accepted: 2018.09.29

Introduction: Pistachio is one of the dried and native products of Iran, which has a special economic and export significance due to its excellent quality. Pistachio kernel is rich in unsaturated fatty acids; therefore, its unsaturated fatty acids can tolerate oxidation and, as a result, change the flavor of the product. Various factors, such as temperature, relative humidity, light, etc., affect the storage of many nuts. During pistachio storage, the lowest rate of oxidation and hydrolysis occurs in low humidity and under the carbon dioxide atmospheric. Therefore, packaging with low-permeability plastic films, in a dry product with a moisture content of less than seven percent, can be a good way to maintain product quality. Pistachio packaging depends on several reasons include physical protection of the product, preventing product spoilage, attracting customers, preventing aflatoxin contamination, and ensuring a high-quality, healthy consumer product. Considering the high nutritional value of pistachios and its importance for exports, research is needed to improve the storage and the availability of a healthy, quality product. Therefore, in this research, the role of plastic coatings with different materials and layers on the shelf life and maintaining the nutritional value of dry pistachios was investigated.

Materials and methods: In this experiment, dry commercial Ahmad Aghaei pistachio cultivar was used. 200 grams of intact fruit was placed in plastic bags of different materials and then sealed with thermal sewing. Finally, the packages were placed at 20 ± 3 ° C. Polymeric coatings used include uncoated (control), single layer polyethylene plastics (PE), dual layer plastics with metallized polyamide composition, and extruded polyethylene (PA- ONM / PE ex), three layer plastics by combining polyester, polyurethane and polyethylene (PEs / Pu / PE), three layers of plastics with cast polypropylene, polyurethane and polyester composition (CPP / Pu / PEs), five layers plastics with polyamide, Ethylene vinyl Alcohol, two layers of extrusion and polyethylene plastics (PA / EVOH / Tie / Tie / PE), seven layers of plastics with polyethylene, two layers ethylene vinyl alcohol, two layers of extrusion bonded polymer, polyamide and extruded polyethylene (PE / EVOH / EVOH / Tie / Tie / PA / PE ex). The desired traits (weight loss, kernel hardness, peroxide value, free fatty acid, soluble sugars and sensory evaluation) was measured before the treatments and after 2, 4, 6, 8, 10 and 12 months of the storage period. The experiment was carried out in a factorial arrangement in a completely randomized design with three replications. Statistical analysis of the data was performed using SAS software version 9.1.3 and comparisons of the meanings by Duncan's multiple range test at a probability level of 1 percent. Drawing of the diagrams was done using Excel software.

Results and discussion: Pistachios packed with seven-layer and double-layered coatings showed the least weight loss and kernel hardness in the packaging due to the polymeric coating. Plastic coatings play an important role in preventing weight loss by creating a saturated micro-atmosphere around the fruit, and probably due to less moisture loss (less weight loss) in these packaging coatings, the hardness of the kernel was also lower than other materials. Also, during the storage period, the amount of peroxide value and free fatty acid in the control

1 and 2. Horticultural Sciences, University of Hormozgan, Bandar Abbas, Iran.
3. Pistachio Research Center, Horticultural Sciences Research Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Rafsanja, Iran.
4. Horticultural Sciences, Vali-Asr, University of Rafsanjan, Iran.
(*Corresponding Author Email: majiddastjerdy@gmail.com)

and the various types of packaging coatings increased, but this increase in the package with two and seven layers of slope was slower than the control and other materials. Double-layered and seven-layered treatments in comparison with control and other coatings had significantly lower peroxide value and free fatty acid content. In the tenth and twelfth months, the treat of (1.6) and seven layers (1.93) compared with control (10.4) and other coatings had significantly lower peroxide value. Also, at the end of the storage period (12 months), polyethylene (1.54), uncoated treatment (1.22) and tree layer packaging (CPP / PU / PEs (1.08) showed more free fatty acid content compared to other types of packaging. The most important degradation reaction that results in reduced product quality during the storage period is the radical oxidation mechanism and the formation of hydroperoxides. The main reason of kernel rancidity in nut packagings is inappropriate sewing of packages and the penetration of oxygen into the package. In the present study, two-layer and seven-layer packaging films showed less free fatty acid due to their low permeability to oxygen and moisture compared to other coatings. According to the results of other reports, it is likely that the higher peroxide value in unpackaged or packaged fruits in this study will be related to the presence of oxygen in the pack, which leads to an exacerbation of fat oxidation and the release of hydroperoxides. The influence of gases and light in the package, causing adverse changes in appearance and accelerating chemical reactions, as well as the presence of oxygen inside the package, also accelerates the oxidation reaction. Therefore, so the packaging type and the atmosphere inside it are two factors determining the shelf life of pistachios and the decrease score in texture, tastes, flavors of nuts during storage can be due to the absorption of moisture by nuts and the oxidation of fatty acids which affect the texture, taste and flavor. The coating used in this study showed better sensory parameters than the control.

Key words: Packaging, Ahmad Ahaghi dried pistachio, polymer coating, storage, quality